

Список использованных источников

1. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача: учебник для вузов, изд. 3-е, перераб. и доп. М. : Энергия, 1975. 488 с.
2. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров: справочник / Х. Уонг; пер. с англ. М. : Атомиздат, 1979. 216 с.
3. Романов С. В. О влиянии способа подвода тепла на результаты численного решения задачи о свободной конвекции над объёмным теплоисточником / С. В. Романов, В. Н. Посохин, А. М. Зиганшин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 3-4. С. 48-53.
4. ANSYS FLUENT 6.3 Documentation / 12.10.2 Standard Wall Functions. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sharcnet.ca/Software/Fluent6/html/ug/node512.htm> (дата обращения: 13.11.2015).

УДК 697.922:532.559.5

Гимадиева Г. А., Зиганшин А. М., Шамсутдинов Т. Ф.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
amziganshin@kgasu.ru

ЧИСЛЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ПРИ ВЫХОДЕ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ БОКОВОЕ ОТВЕРСТИЕ

Аннотация. Работа посвящена численному исследованию течения в плоском канале с боковым отверстием. Проводится устранение сеточной зависимости. Построена характерная картина течения.

При проектировании систем вентиляции необходимо знать гидравлическое сопротивление всех элементов воздухопроводной сети. Такие данные приводятся в специальной литературе [1, 2]. В приточных системах вентиляции для подачи воздуха в помещение используются воздухораспределители различной конфигурации. При выходе через него воздух теряет энергию, как в самом воздухораспределителе, так и при проходе через отверстие, и при проходе по воздухопроводу мимо такого отверстия. Данные о сопротивлении в указанных выше справочниках отсутствуют. Информацию о коэффициенте местного сопротивления (КМС) бокового приточного отверстия можно найти в более раннем издании справочника проектировщика [3]. Кроме того эти данные имеются в [4], здесь также указано, что струя при выходе через такое отверстие отклоняется от нормали к воздухопроводу. Этот факт обычно не учитывается при расчетах воздухораспределения. Все приводимые в вышеуказанных работах данные получены экспериментально и не охватывают все необходимые при проектировании данные (например, параметры струи) и соотношения определяющих факторов (например, соотношения расходов и т. п.). Современные программные комплексы, реализующие методы вычислительной гидродинамики, позволяют достаточно точно и подробно изучить подобные течения. При этом точность и адекватность получаемых такими методами результатов должна контролироваться путем сравнения с уже

известными и достоверными результатами. Поэтому важно перед моделированием нового неизученного явления, решить, так называемую, тестовую задачу, имеющую известный результат, и аналогичную по физике исследуемому явлению.

В данной работе проводится численное решение задачи о течении через боковое отверстие. Использовалась ранее верифицированная численная схема решения – граничные условия, физические модели, методы дискретизации и т. п. [5].

Геометрия области и характерные линии тока показаны на рис. 1. Для наглядности показана часть области вблизи бокового отверстия. Граница **AB** – граничное условие с равномерным распределением скорости (Mass Flow Inlet) $G_C = 1$ кг/с, **BCDE** – граничное условие Pressure Outlet со значением избыточного давления равным нулю, граница **EF** – то же граничное условие Pressure Outlet, но избыточное давление 1000 Па. Такое граничное условие позволяет смоделировать ситуацию, когда на участке канала после отверстия имеются существенные потери давления, и соответственно соотношение расходов через отверстие и далее по каналу соизмеримы. Границы **BG** и **IE** – непроницаемая стенка. Ширина канала $H = 100$ мм, ширина бокового отверстия $h = 15$ мм. Размеры внешней области взяты большими для исключения влияния внешних границ на развитие течения. Высота и ширина всей расчетной области 4×4 м (на рисунке показана лишь часть расчетной области вблизи отверстия).

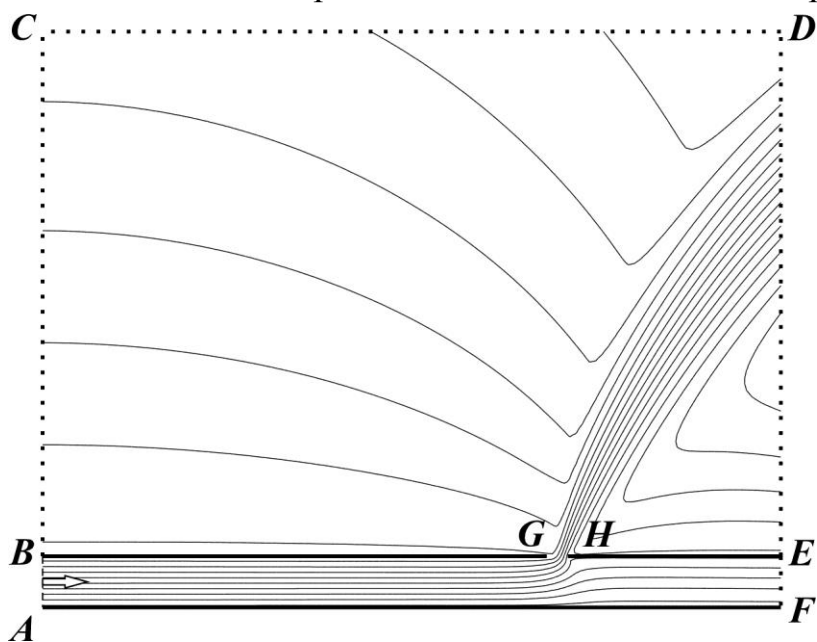


Рис. 1. Геометрия расчетной области и характерная картина течения (линии тока)

На первом этапе численного решения проводилось устранение «сеточной зависимости», при этом расчетная сетка измельчалась, и проводилось решение задачи на этой сетки. Затем сетка снова измельчалась, причем решение, полученное на предыдущей сетке, использовалось в качестве нулевого приближения при итерационном решении на более

измельченной сетке. По результатам численного решения на каждой сетке определялись значения расходов проходящего мимо отверстия G_{Π} и выходящего из отверстия G_O . При этом контролировалось соблюдение массовых балансов: $\Delta G = 100 \% (G_C - (G_{\Pi} + G_O))/G_C$. В таблице приведены: порядковый номер расчетной сетки, ее параметры (размеры и количество ячеек), значения безразмерного расстояния y^* (характеризует степень измельчения сетки в пристеночной области), соотношение расходов G_{Π}/G_O и ΔG .

Параметры расчетной сетки и значения расходов

Номер расчетной сетки	Размеры ячеек, м		Количество расчетных ячеек	y^*	G_{Π}/G_0	ΔG
	минимальной	максимальной				
0	$1,43 \cdot 10^{-02}$	$1,50 \cdot 10^{-02}$	66800	476,7	0,323347	21,3%
1	$7,14 \cdot 10^{-03}$	$7,51 \cdot 10^{-03}$	267200	411,9	0,35186	14,9%
2	$3,57 \cdot 10^{-03}$	$7,51 \cdot 10^{-03}$	529724	261,5	0,380941	9,5%
3	$1,79 \cdot 10^{-03}$	$7,51 \cdot 10^{-03}$	1227116	188,9	0,410264	5,2%
4	$8,93 \cdot 10^{-04}$	$7,51 \cdot 10^{-03}$	3086828	120,3	0,430667	2,7%
5	$4,46 \cdot 10^{-04}$	$7,51 \cdot 10^{-03}$	6870380	68,5	0,444562	1,4%
6	$2,23 \cdot 10^{-04}$	$7,51 \cdot 10^{-03}$	8281196	36,7	0,453429	0,7%

Видно, что в результате измельчения значение невязки ΔG уменьшалось, и за окончательную сетку принята та, при которой это значение составило менее 1 %.

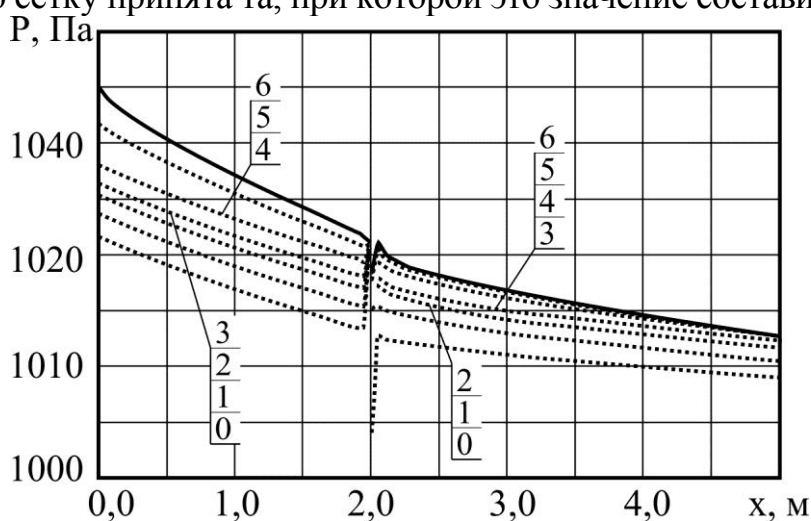


Рис. 2. Изменение полного давления по длине канала

На рис. 2 показано полученное в результате расчетов изменение полного давления по длине канала с боковым отверстием. Пунктирными линиями показано изменение давления для сеток от 0 до 5, и сплошной – 6-я, наиболее мелкая, и принятая за окончательную. Здесь также видно, что линии давлений плавно приближаются к конечной. Резкие скачки давления в районе длины канала $x = 2,0$ м, в области размещения бокового отверстия, могут объясняться резким изменением характера течения в этой области.

Далее с использованием этой расчетной сетки будет проводиться определение потерь давления, коэффициентов местного сопротивления при проходе воздуха мимо отверстия и при выходе из него.

Список использованных источников

1. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 / В. Н. Богословский, А. И. Пирумов, В. Н. Посохин [и др.]; под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1992. 319 с.
2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.

3. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2-х ч., Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / В. Н. Богословский, И. А. Шепелев, В. М. Эльтерман [и др.]; под ред. И. Г. Старовойтова. Изд. 2-е, перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1977. 502 с.

4. Талиев В. Н. Аэродинамика вентиляции. М. : Стройиздат, 1954. 288 с.

5. Зиганшин А. М. Численное моделирование течения в двухмерном тройнике / А. М. Зиганшин, В. Н. Посохин, Л. Н. Бадыкова, Г. А. Гимадиева // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. № 5. С. 89–95.

УДК 697.357:536.253

Мингазеева Д. Н., Зиганшин А. М.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
amziganshin@kgasu.ru

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛООТДАЧИ РЕГИСТРА ИЗ ДВУХ ТРУБ ОТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НИМИ

Аннотация. В работе определена зависимость теплоотдачи двухрядного отопительного регистра от расстояния между ними. Показано, что наиболее высокая теплоотдача достигается при расстояниях более 2 диаметров.

Гладкотрубные регистры часто используются в качестве отопительных приборов в помещениях, где не очень важна эстетика, например, в промышленных зданиях, или важна гигиена (медицинские учреждения), поскольку это наиболее удобный для очистки отопительный прибор. В инженерной практике для расчета теплоотдачи и соответственно при проектировании систем отопления с применением таких приборов пользуются данными о теплоотдаче открыто проложенных горизонтальных трубопроводов (например [1, 2]). Данные в таких справочниках обычно ограничены по диаметрам трубопроводов, а также не дают информации об отличии теплоотдачи от верхних труб в регистре. Данные о теплоотдаче цилиндров также приводятся в справочниках по теплоотдаче (например, [3]). Здесь приводятся критериальные уравнения для определения теплоотдачи от одиночного цилиндра.

Имеются исследовательские работы по определению теплоотдачи для ряда цилиндров расположенных друг над другом. Например, в [4] авторами экспериментально определены зависимости для локальной теплоотдачи по поверхности верхнего цилиндра, находящегося на расстояниях $s/D = 0,5; 1; 2$ от нижнего (s – расстояние между поверхностями цилиндров диаметром D , рис. 1). Эксперименты проводились для конвекции в воде и диапазона чисел Ra $2 \cdot 10^6 \dots 4 \cdot 10^6$. Авторами показано, что с увеличением относительного расстояния s/D теплоотдача верхнего цилиндра растет, также она растет и при увеличении числа Ra . В работе [5] также экспериментально была исследована средняя теплоотдача цилиндров в ряду, находящихся в воздухе, дополнительно исследовалась зависимость от горизонтального смещения цилиндров,